Publication

L'EXPÉRIENCE CANADIENNE EN MATIÈRE DE RISQUE NUCLÉAIRE

par

P.E. Hamel

Atomic Energy Control Board
P.O. Box 1046
Ottawa, Canada
K1P 5S9

Commission de contrôle de l'énergie atomique
C.P. 1046
Ottawa, Canada
K1P 5S9

INFO-0072

L'EXPÉRIENCE CANADIENNE EN MATIÈRE DE RISQUE NUCLÉAIRE

par

P.E. Hamel

Commission de contrôle de
l'énergie atomique
Ottawa, Canada

EXPOSÉ

le 12 mai 1982

L'EXPÉRIENCE CANADIENNE EN MATIÈRE DE RISQUE NUCLÉAIRE

Un exposé présenté au Colloque d'information de l'Ordre des ingénieurs du Québec, les 12, 13, 14 mai 1982 à l'Université du Québec à Trois-Rivières.

RÉSUMÉ

L'appréciation des risques dans le cycle nucléaire canadien est un sujet important et complexe. Différents niveaux de gouvernement sont inpliqués dans les décisions concernant les limites acceptables de risque, compte tenu des bénéfices pour la société.

ABSTRACT

Risk assessment in the Canadian nuclear fuel cycle is a very important and complex subject. Many levels of government are involved in deciding the acceptable limits for the risks, taking into account the benefits for society.

EXPÉRIENCE CANADIENNE

L'expérience canadienne dans le domaine du risque nucléaire remonte aux années 1940. Alors qu'au tout début, il s'agissait de risques associés à l'exploitation minière et aux laboratoires de recherche, durant les quarante dernières années l'énergie nucléaire a connu un développement tel que le sujet se situe maintenant à l'échelle nationale et mondiale.

Le sujet du risque nucléaire est à la fois important et complexe. Important parce qu'il est sous-jacent à la sécurité recherchée par tous et chacun, qu'il s'agisse de l'approvisionnement en ressources énergétiques ou de la salubrité du milieu face aux différentes options énergétiques. Complexe, parce que dans son ensemble, il entrelace un grand nombre d'aléas de nature technologique, économique, sociale, psychologique et politique.

Le but de ce mémoire est de montrer que, même si tout semble bouger dans toutes les directions, l'appréciation du risque joue un rôle dans le déterminisme qui caractérise les prises de décisions des gouvernants et l'exécution des décisions qui en ressortent.

APPRÉCIATION DU RISQUE

En premier lieu, il est important de définir de quoi il s'agit lorsqu'on parle de risque. Pour certains, c'est l'image de dangers, de périls ou même d'holocaustes éventuels qui prédomine. Pour d'autres, c'est la crainte de ne pouvoir satisfaire aux besoins énergétiques de la société d'aujourd'hui ou de

demain. Ces deux types de préoccupations se retrouvent dans la plupart des activités humaines sous la forme "de pour et de contre" qu'il faut soupeser. Le résultat de cette évaluation dépend forcément des éléments qui sont placés des deux côtés de la balance, des individus et des sociétés qui les choisissent et du système des valeurs utilisées pour en apprécier l'importance, d'où la grande variété des mesures obtenues et des solutions préconisées.

Dans ce qui suit, le risque est utilisé dans son sens général comme un indice de mesure pour étudier l'importance des conséquences des choses dans des cas précis. Alors que les éléments de nature matérielle, économique et technologique se prêtent plus facilement à des estimations quantifiables, les indications pour d'autres éléments sont beaucoup plus subjectives mais non pas moins réelles. Il est à noter que par définition de telles études ne peuvent pas produire de certitude. En général, l'étude des risques permet d'identifier et d'estimer le degré d'incertitude et de formuler des moyens pour le réduire jusqu'à ce qu'il soit compatible avec le système de valeurs utilisées. Les recommandations qui en résultent sont considérées dans le processus décisionnel et son application. Un modèle simplifié de l'appréciation du risque est illustré à la figure 1.

LIMITATION DU RISQUE

En pratique, un grand nombre de décisions doivent être prises et appliquées par différents niveaux des gouvernements. Au Canada, la Commission de contrôle de l'énergie atomique (CCEA) est responsable à l'échelle du pays pour l'autorisation de l'exploitation des installations nucléaires du point de vue de la santé, de la sûreté, de la sécurité des matières nucléaires et de l'impact sur l'environnement.

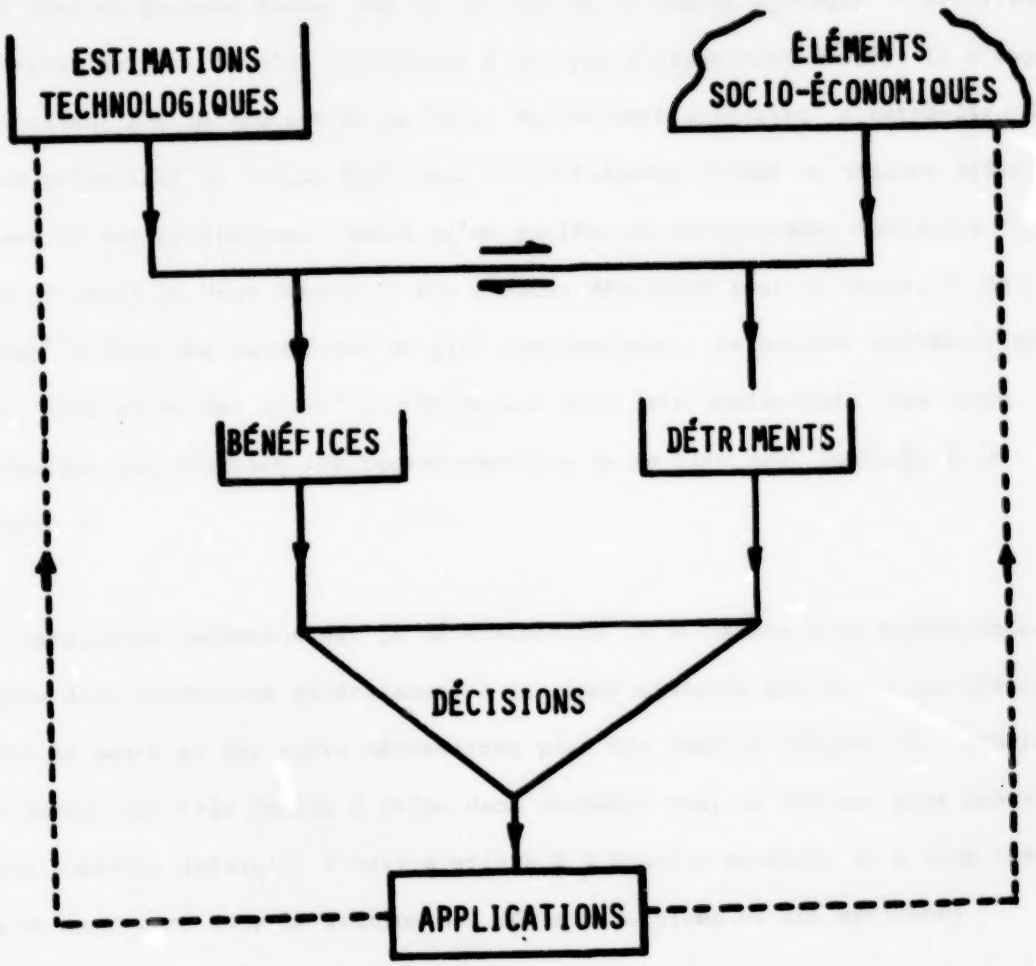
ESTIMATIONS TECHNOLOGIQUES
ÉLÉMENTS SOCIO-ÉCONOMIQUES
BÉNÉFICES
DÉTRIMENTS
DÉCISIONS
APPLICATIONS

FIGURE 1

Les limites réglementaires de la CCEA font en ce moment l'objet d'une revue en profondeur pour y introduire, entre autres, le nouveau système de limitation des doses recommandé par la CIPR dans sa Publication 26(6). Alors qu'auparavant les limites étaient basées sur le concept de "l'organe critique" c'est-à-dire l'organe qui est le plus vulnérable à un type d'exposition donnée, il s'appuie maintenant sur le concept de la "dose équivalente effective" c'est-à-dire la dose présentant un risque égal pour les différents tissus ou organes affectés. Comme il est généralement admis qu'en matière de rayonnements ionisants il n'y a pas de seuil en deça duquel il n'y a aucun détriment pour la santé, l'indicateur "dose" , donc une valeur sur le plan stochastique. Le nouveau système préconise une "limitation des doses" plutôt qu'une dose dite admissible. Les trois principes qui résument les recommandations de la CIPR sont indiqués à la figure 2.

Un corollaire important est la détermination de la faible dose raisonnable. Cette dose correspond généralement à la somme minimale des coûts des détriments pour la santé et des coûts nécessaires pour les réduire (figure 3). Alors que ce calcul est très facile à faire dans certains cas, il devient plus laborieux mais possible lorsqu'il s'agit d'effets à l'échelle mondiale et à long terme qu'on rencontre dans la gestion des déchets de mines ou des effluents radioactifs dans l'air ou dans l'eau.

RÉGLEMENTATION

Les installations nucléaires sont réglementées en vertu du Règlement sur le contrôle de l'énergie atomique. Sont considérées comme installations nucléaires, les mines et raffineries d'uranium, les usines de fabrication de combustible nucléaire, les usines d'eau lourde, les réacteurs nucléaires et les

(A) AUCUNE PRATIQUE NE DEVRAIT ÊTRE RETENUE QUE SI ELLE PRÉSENTE UN BÉNÉFICE NET POSITIF;

(B) TOUTE EXPOSITION DOIT ÊTRE GARDÉE AUSSI FAIBLE QUE RAISONNABLEMENT POSSIBLE, COMPTE TENU DES FACTEURS SOCIO-ÉCONOMIQUES; ET

(C) L'ÉQUIVALENT DE DOSE POUR LES INDIVIDUS NE DOIT PAS DÉPASSER LES LIMITES RECOMMANDÉES PAR LA CIPR.

FIGURE 2

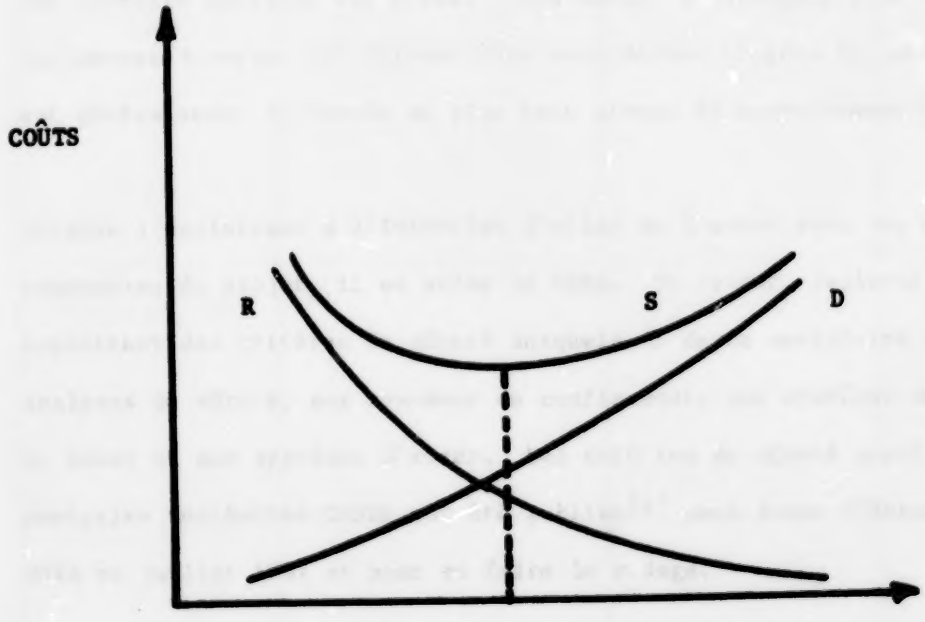

FIGURE 3

installations pour la gestion des déchets radioactifs. Le Règlement stipule les conditions pour les autorisations et les normes pour la protection radiologique des travailleurs et du public. Le Règlement s'applique aussi à l'expédition des matières radioactives alors que leur transport fait l'objet d'autres compétences.

Les grandes phases décisionnelles qui gouvernent l'implantation d'une centrale nucléaire sont illustrées à la figure 4. Un processus à peu près analogue mais moins élaboré s'applique pour les autres types d'installations nucléaires. La décision d'implanter une centrale nucléaire ou d'exploiter une mine d'uranium relève généralement de la compétence des provinces. Le processus commence avec la formulation d'une proposition et la sélection d'un site. Les impacts socio-économiques et mésologiques font l'objet d'une évaluation préliminaire et une première décision est prise. Considérant l'envergure d'un tel projet et les influences diverses qui doivent être considérées (figure 5), une telle décision est généralement approuvée au plus haut niveau du gouvernement de la province.

Lorsque l'exploitant a l'intention d'aller de l'avant avec les études de conception du projet, il en avise la CCEA. En retour, celle-ci informe le futur exploitant des critères de sûreté auxquels il devra satisfaire quant aux analyses de sûreté, aux systèmes de confinement, aux systèmes de refroidissement du coeur et aux systèmes d'arrêt. Les critères de sûreté applicables aux centrales nucléaires CANDU ont été publiés[1] sous forme d'ébauche par la CCEA en juillet 1982 et pour en faire le rodage.

Les critères de sûreté sont le fruit des efforts déployés par les spécialistes de la CCEA afin de réunir les exigences et les principes fondamentaux appliqués depuis une vingtaine d'années. Ils sont formulés pour s'assurer que les risques

PHASE	ÉTUDE DU RISQUE	DÉCISIONS	APPLICATIONS
SÉLECTION DU SITE	ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE	APPROBATION DU GOUVERNEMENT PROVINCIAL	-
CONCEPTION			• ADOPTION PAR LE SERVICE PUBLIC PROVINCIAL • INTENTION À LA CCEA
DÉFINITION DE L'INSTALLATION	• CRITÈRES DE SÛRETÉ • ÉVALUATION DU SITE	ACCEPTATION DU SITE PAR LA CCEA	
CONSTRUCTION	• RAPPORT PRÉLIMINAIRE DE SÛRETÉ • RAPPORT FINAL SUR LA SÛRETÉ • PROCÉDURES	APPROBATION CCEA	• MISE EN SERVICE
EXPLOITATION		AUTORISATION CCEA AUTORISATION CCEA PERMIS CCEA	• COMBUSTIBLE • CRITICITÉ • EXPLOITATION
REVUES PÉRIODIQUES	• RAPPORTS ANNUELS	RENOUVELLEMENT DU PERMIS CCEA	• EXPLOITATION

FIGURE 4

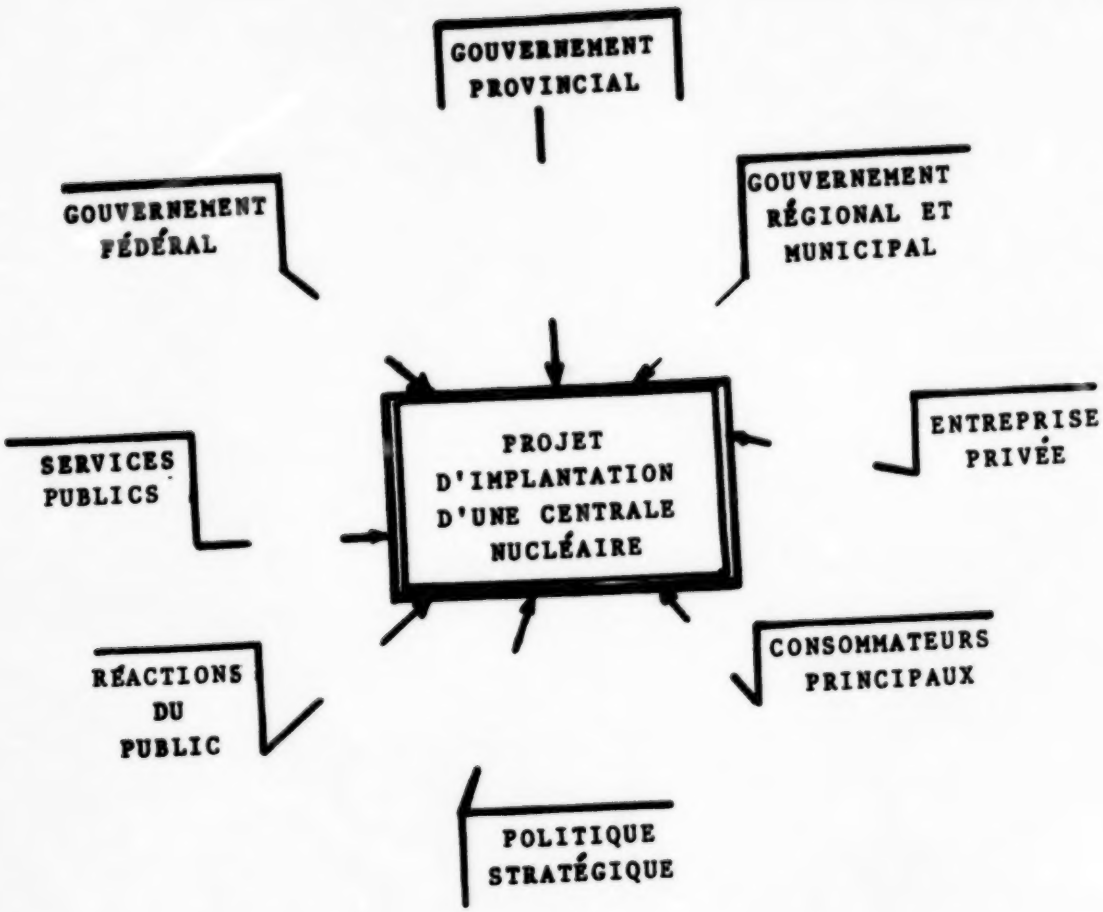
GOUVERNEMENT PROVINCIAL
GOUVERNEMENT FÉDÉRAL
GOUVERNEMENT RÉGIONAL ET MUNICIPAL
SERVICES PUBLICS
PROJET D'IMPLANTATION D'UNE CENTRALE NUCLÉAIRE
ENTREPRISE PRIVÉE
RÉACTIONS DU PUBLIC
CONSOMMATEURS PRINCIPAUX
POLITIQUE STRATÉGIQUE

FIGURE 5

pour la santé des personnes ne dépasseront pas une limite considérée très basse et acceptable, compte tenu des bénéfices. Dans les critères proposés, les valeurs estimées des risques associés à chaque catégorie d'accidents doivent être inférieures aux valeurs estimées des risques associés à l'opération de la centrale nucléaire en régime normal. Le risque pour un individu qui habiterait en bordure de la centrale est de l'ordre d'un cas de décès dû au cancer par million d'habitants. A noter que l'incidence normale des décès dus à différentes causes cancérigènes est d'un pour six habitants, soit au-delà de cent mille fois plus grand que le risque dû au rayonnement.

CENTRALES NUCLÉAIRES

L'évaluation du site en fonction de l'installation proposée et des critères de sûreté amène la CCEA à se prononcer sur son acceptation. La mise en chantier est approuvée à la suite de l'évaluation du rapport préliminaire de sûreté. Par après, la mise en service des nombreux systèmes se déroule par étapes. Le rapport final de sûreté est soumis avec l'accréditation des préposés aux opérations. Des autorisations sont alors nécessaires pour le chargement du combustible et le démarrage du réacteur pour les essais à puissance réduite, après quoi le permis final pour l'exploitation peut être délivré avec des conditions appropriées. Par la suite, le fonctionnement et l'exploitation de la centrale sont revus périodiquement et le permis peut être renouvelé avec ou sans changement des conditions initiales.

Le tableau 1 indique la dose collective pour le personnel préposé à l'opération des centrales nucléaires depuis le début de leur implantation[8]. Le tableau 2 indique le nombre de cas où les limites réglementaires ont été dépassées chez les travailleurs sous rayonnements d'Ontario Hydro. A la suite

d'une étude[8] portant sur 3 000 travailleurs sous rayonnements d'Ontario Hydro entre 1970 et 1977, on a relevé 6 décès attribuables au cancer en comparaison de 6,8 décès pour un groupe analogue pris au hasard dans la population masculine à la même époque. Bien qu'on puisse être tenté de conclure qu'il n'y a pas eu plus de décès dus au risque professionnel, la variation statistique normale et la période de latence nous empêchent de conclure à l'absence de tout effet stochastique.

Les risques encourus par l'opération des grandes centrales nucléaires ontariennes ont été examinés de près par la Commission royale Porter[2] qui a siégé pendant cinq ans. Le rapport final en neuf volumes a été publié en 1980. Un grand nombre de citoyennes et citoyens canadiens ont apporté de nombreux témoignages auxquels se sont ajoutés ceux d'éminents scientifiques étrangers. Dans son rapport final, la Commission royale réaffirme que, après plus de 60 réacteurs-années d'expérience, aucun membre du public n'a été tué ou blessé à la suite d'un accident nucléaire et que, de plus, tenant compte du fait qu'après plus de 1 600 réacteurs-années à l'échelle mondiale il n'y pas eu de rejets radioactifs importants pour la santé, les réacteurs CANDU sont considérés sûrs et en deça des limites d'expositions considérées raisonnables.

Sur le plan socio-politique, un comité spécial du parlement de l'Ontario[3] ayant considéré un grand nombre de témoignages a aussi conclu que l'indice de sûreté des centrales nucléaires CANDU ontariennes était acceptable.

MINES D'URANIUM

Un processus analogue est suivi pour l'évaluation des risques associés aux autorisations d'exploitation des mines d'uranium. Les méthodes de gestion des résidus de l'usine de concentration du minerai font l'objet d'une estimation du

risque pour la santé publique et la protection du milieu. Ces risques sont dus aux grandes quantités de contaminants radioactifs comme le radium, l'uranium et le thorium et d'autres, non radioactifs, comme les acides et les métaux lourds qui peuvent s'échapper des millions de tonnes de déchets déposés en surface. Alors que par le traitement chimique des contaminants on limite le risque à un niveau acceptable, la question de l'heure est de déterminer quel sera le niveau de risque pour les générations futures en fonction des méthodes de gestion utilisées et après l'abandon de ces méthodes. Des critères de sûreté pour la fermeture des dépots de résidus miniers et leur abandon sont en préparation à la CCEA.

Un des risques professionnels important pour les mineurs d'uranium est dû à la présence de radon, de thoron et de leurs produits de désintégration radioactive dans l'atmosphère des mines, des poussières contenant de l'uranium et du thorium à longue décroissance radioactive, et à la présence de rayonnements gamma dont l'intensité varie avec la teneur en uranium du minerai.

Une relation a été établie entre l'exposition des mineurs aux produits radioactifs dans l'air mesurés en WLM ("Working Level Month") et l'incidence du cancer des poumons. Alors qu'au début, il n'y avait pas de norme réglementaire, une limite de 1 WLM par mois ou 12 WLM par année prévalait en Ontario et aux États-Unis durant les années 1960.

C'est en septembre 1974 que le gouvernement de l'Ontario conféra au docteur James Ham le pouvoir de mener une enquête sur la sécurité des mineurs et de revoir toutes les questions pouvant s'y rapporter, y compris les critères de compensation pour les maladies professionnelles. Le rapport[4] du commissaire Ham fut publié en juin 1976. Une des nombreuses recommandations du

rapport stipulait qu'une limite de 4 WLM soit adoptée. Cette limite qui avait été inscrite sur une base provisoire dans le Règlement de la CCEA au début de 1976 a été adoptée depuis.

Cette limite a aussi fait l'objet d'études par la CIPR[7]. Une des études a comme base la dosimétrie des poumons alors que l'autre est basée sur l'épidémiologie. Compte tenu des variations dues à la quantité de poussières dans l'air, à leur taille et à la fraction des nucléides radioactifs non attachés, lesquelles variations dépendent fortement de la ventilation dans la mine, les deux approches confirment qu'une limite de 4 WLM par année est comparable au risque professionel considéré acceptable dans les industries dites sûres, c'est-à-dire un décès stochastique par dix mille personnes exposées.

Dans son rapport de 1976, le commissaire Ham relevait que parmi 15 000 mineurs ayant travaillé un mois ou plus dans les mines d'uranium entre 1955 et 1974 il y avait eu 956 décès dus à diverses causes dont 81 étaient attribués au cancer pulmonaire. Pour la même période chez une population témoin, le nombre de décès dus au cancer pulmonaire n'était que de 45. En 1976, parmi 2 000 mineurs d'uranium, il y en a eu encore une cinquantaine qui ont été exposés à plus de 4 WLM. Deux ans plus tard, en 1978, grâce à une amélioration de la ventilation, à une meilleure planification des échéanciers de production, au rôle des syndicats ouvriers et à des contrôles plus serrés, un seul cas de surexposition (4,02 WLM) a été relevé, et depuis, les limites réglementaires ont été respectées.

Le tableau 3 indique la variation de la dose collective ainsi que la dose individuelle moyenne pour les travailleurs de raffinerie d'uranium depuis 1969 jusqu'à 1981. A noter que ces doses ont passé par un plafond au cours des années 1971 à 1976 et que, même si ces doses n'étaient pas excessives, elles ont

depuis diminué d'un facteur d'environ 5, à cause de contrôles plus sévères. Cette diminution est conforme aux principes de la CIPR.

DÉCHETS RADIOACTIFS

Un mot seulement sur la question des déchets radioactifs. Pour l'étude des risques, on classifie ces déchets en trois catégories: les déchets de faible et moyenne activité, les grandes quantités (plus de 200 millions de tonnes) de résidus de minerai d'uranium de faible activité; et les combustibles irradiés de haute activité. Alors que les méthodes actuelles de stockage de ces déchets ne présentent aucun risque important pour la population, leur évacuation présente à long terme des problèmes nouveaux, nécessitant des solutions nouvelles dont il faut apprendre à maîtriser les résultats futurs. Un des buts des études de risque est de pouvoir estimer avec confiance la probabilité que la dose maximale, pour un individu du groupe le plus exposé, ne dépassera pas une valeur limite. Par futur, on entend par exemple, jusqu'à la prochaine période glaciaire, soit 15 000 ans, pour les déchets de mines, ou dans un million d'années pour les combustibles irradiés enfouis à plus de mille mètres dans le roc. Dans son communiqué du 10 mars 1982[5], la CCEA a annoncé la mise en branle du processus de l'évaluation de ce concept d'évacuation et publié son projet de principe en matière de réglementation. Ce sujet sera traité avec de plus amples détails dans une autre présentation à ce Colloque.

CONCLUSION

En terminant je veux signaler qu'un recueil de documents d'information[8] sur la sécurité nucléaire a été publié en 1981 à la suite d'une revue de la politique nucléaire canadienne faite au niveau fédéral. L'expérience des vingt

dernières années indique qu'il n'y a eu aucun accident mortel ou autre attribué à l'opération des réacteurs CANDU au Canada. L'expérience avec les mineurs d'uranium a cependant montré qu'il était nécessaire d'avoir des contrôles plus sévères et de tels contrôles ont depuis été introduits. Bien qu'il ne sera jamais possible de conclure que le cycle nucléaire est exempt de risque, les études permettent d'identifier les secteurs où il est le plus important, et de formuler une approche pour le limiter à des niveaux acceptables compte tenu des bénéfices que cette pratique peut avoir pour la société.

RÉFÉRENCES

1. Commission de contrôle de l'énergie atomique, Communiqué 80-13 du 8 juillet 1980, "Critères proposés en matière de sûreté des réacteurs" à propos des documents de consultation:

   C-6 "L'Analyse de sûreté de centrales nucléaires CANDU", 28 p.;

   C-7 "Les Systèmes de confinement des centrales nucléaires CANDU", 19 p;

   C-8 "Les Systèmes d'arrêt d'urgence des centrales nucléaires CANDU 13 p";

   et

   C-9 "Les Systèmes de refroidissement d'urgence des centrales nucléaires CANDU", 12 p

2. "Report of the Ontario Royal Commission on Electric Power Planning", February 1980, Chairman: Arthur Porter.

3. Select Committee on Ontario Hydro Affairs, June 1980, 4th Session, 31st Parliament.

4. Report of the Royal Commission on the Health and Safety of Workers in Mines, Goverument of Ontario, 1976.

5. Commission de contrôle de l'énergie atomique, Document de consultation C-71, "Stockage définitif en profondeur de déchets hautement radioactifs dans des formations géologiques de roches cristallines (plutoniques) — Première déclaration en matière de réglementation au sujet du stade de l'évaluation du concept", 10 mars 1982.

6. CIPR Publication 26, Recommendations de la Commission internationale de protection radiologique", Pergamon Press.

7. ICRP Publication 32, Limits for Inhalation of Radon Daughters by Workers, Pergamon Press.

8. Énergie, Mines et Ressources Canada, "Aperçu de la politique nucléaire -- Documents d'information, Rapport n° ER81-2F, 1981.

TABLEAU 1

Dose collective du personnel affecté à des réacteurs jusqu'à la fin de 1981

Réacteurs commerciaux de l'Ontario	293,9 personnes-Sv
Réacteurs commerciaux du Québec	3,3 personnes-Sv
TOTAL	297,2

TABLEAU 2

Exposition excessive aux rayonnements du personnel d'Ontario Hydro

Année	Limite trimestrielle (30 mSv) dépassée	Limite annuelle (50 mSv) dépassée
1963-1967	0	0
1968	1	0
1969	7	0
1970	1	1
1971	6	4
1972	2	0
1973	1	2
1974	3	1
1975	7	6
1976	1	0
1977	1	0
1978	0	0
1979	2	2
1980	0	0
1981	0	0
TOTAL: *	32	16

* Il faut remarquer un certain chevauchement des deux colonnes, dans la mesure où l'exposition de sept personnes a dépassé la limite tant trimestrielle qu'annuelle. Par conséquent, il y a eu 41 et non pas 48 incidents.

TABLEAU 3

Exposition aux rayonnements (corps entier) des travailleurs sous rayonnements dans le raffinage de l'uranium

Année	Personnes - Sv	Dose annuelle moyenne en mSv
1969	0,38	2,0
1970	0,42	1,8
1971	1,68	6,6
1972	1,37	4,8
1973	2,12	6,2
1974	2,44	6,7
1975	2,10	5,6
1976	1,59	2,8
1977	0,69	1,4
1978	0,48	0,9
1979	0,82	1,6
1980	0,56	1,1
1981	0,39	0,8